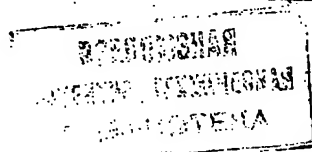




ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ
ПО ИЗОБРЕТЕНИЯМ И ОТКРЫТИЯМ
ПРИ ГИИТ СССР

ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ

К АВТОРСКОМУ СВИДЕТЕЛЬСТВУ



(21) 3338970/26

(22) 07.07.81

(46) 07.08.91. Бюл. № 29

(72) И.Р.Кириллов, С.М.Кочемазов,
А.П.Огородников и В.П.Остапенко

(53) 538.4 (088.8)

(56) Баранов Г.А., Глухих В.А., Кириллов И.Р. Расчет и проектирование индукционных МГД - машин с жидкометаллическим рабочим телом. М.: Атомиздат, 1978, с. 8.

Авторское свидетельство СССР
№ 723745, кл. Н 02 К 44/06, 09.08.78.

Кебадзе Б.В. и др. Исследование неустойчивых режимов работы цилиндрического линейного индукционного насоса. Магнитная гидродинамика, 1979, № 4, с. 89-94.

(54) ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЙ ИНДУКЦИОННЫЙ НАСОС (ЕГО ВАРИАНТЫ)

(57) 1. Электромагнитный индукционный насос, содержащий канал, магнитопровод и многофазную обмотку возбуждения с числом пар полюсов R_p не менее, по крайней мере, двух, причем фазные зоны последовательно расположенных пар полюсов сдвинуты по фазе, отличающийся тем, что, с целью повышения эффективности путем устранения неустойчивой работы насоса при резко выраженных колебаниях давления и расхода, фазные зоны обмотки возбуждения, принадлежащие каждой фазе, расположены на каждой последующей паре полюсных делений по всей длине насоса со сдвигом на угол

$$\beta = \frac{\pi}{m} \text{ п электрических градусов, где}$$

m - число фаз обмотки возбуждения,
 $n = 1 \div (2m-1)$.

2

2. Насос, содержащий канал, магнитопровод и многофазную обмотку возбуждения с числом пар полюсов R_p не менее, по крайней мере, трех, причем фазные зоны последовательно расположенных пар полюсов сдвинуты по фазе, отличающийся тем, что, с целью повышения эффективности путем устранения неустойчивой работы насоса при умеренных колебаниях давления и расхода, фазные зоны обмотки возбуждения, принадлежащие каждой фазе, расположены у отдельных пар полюсных делений относительно предыдущей пары полюсных делений со сдвигом на угол

$$\beta = \frac{\pi}{m} \text{ п электрических градусов, где } m \text{ - число фаз обмотки возбуждения; } n = 1 \div (2m-1).$$

3. Насос, содержащий канал, магнитопровод и многофазную обмотку возбуждения с числом пар полюсов R_p не менее по крайней мере двух, причем фазные зоны последовательно расположенных пар полюсов сдвинуты по фазе, отличающийся тем, что, с целью повышения эффективности путем устранения неустойчивой работы насоса при слабых колебаниях давления и расхода и повышения его эффективности, фазные зоны обмотки возбуждения, принадлежащие каждой фазе, расположены у отдельных пар полюсных делений относительно предыдущей пары полюсных делений со сдвигом на угол

$$\beta = \pm \frac{\pi}{m \cdot q} \xi \text{ электрических градусов,}$$

где m - число фаз обмотки возбуждения; q - число пазов на полюс и фазу;
 $\xi = 1-(q-1)$.

Изобретение относится к области магнитогидродинамической техники (МГД-техники), в частности к области линейных индукционных электромагнитных насосов. Оно может быть использовано в насосах для перекачивания жидкометаллических теплоносителей в контурах атомных электростанций с реакторами на быстрых нейтронах, исследовательских жидкометаллических контурах, в металлургической промышленности, в других технологических установках.

Известен ряд конструкций индукционных насосов, основными узлами которых являются индуктор с сердечником, канал и многофазная обмотка возбуждения. Обмотка создает бегущее вдоль канала магнитное поле, при взаимодействии которого с индуцированными в жидком металле токами появляется электромагнитное усилие, обеспечивающее перемещение жидкого металла в канале насоса. Известно, что основным параметром, характеризующим интенсивность магнитогидродинамических процессов в индукционных электромагнитных насосах, является параметр электромагнитного взаимодействия $R_{ms} = R_m S$,

где S - скольжение;

$$R_m = \frac{\mu_0 G \omega}{\alpha^2} - \text{магнитное число Рейнольдса,}$$

$\alpha = \frac{\pi}{\delta}$,

$$\alpha - \text{полюсное деление;}$$

δ - проводимость перекачиваемой среды;

$$\omega = 2\pi f - \text{круговая частота;}$$

f - частота питающего тока;

В линейных индукционных насосах при параметрах электромагнитного взаимодействия $R_{ms} > 1$ профиль скорости токопроводящей жидкости в канале становится существенно неоднородным. В результате при $R_{ms} > 1$ работа насоса становится неустойчивой, расход - напорная характеристика становится немонотонной, в ней появляются провалы, в насосе и контуре возникают низкочастотные (1 - 2 Гц) колебания давления, расход тока с амплитудой $\pm 20\%$ и более. Поток жидкости металла электропроводного рабочего тела) в насосе имеет пульсирующий характер и вы-

зывает вибрацию насоса и контура, что является недопустимым при эксплуатации насоса, например, в основных контурах реакторов на быстрых нейтронах.

Известен также электромагнитный индукционный насос, содержащий канал, магнитопровод, многофазную обмотку возбуждения с числом пар полюсов не менее двух, причем фазные зоны последовательно расположенных пар полюсов сдвинуты по фазе. В данном устройстве для устранения неустойчивости работы при $R_{ms} > 1$ волны линейной токовой нагрузки $A_m \cos(\omega t - \cos \alpha \pm \beta)$ последовательно расположенных пар полюсов сдвинуты по фазе одна относительно другой с опережением на угол $\beta = +120$ электрических градусов или с отставанием на угол $\beta = -120$ электрических градусов. Такая конструкция насоса в ряде случаев дает возможность уменьшить уровень колебаний выходных параметров насоса, стабилизировать расход - напорную характеристику, но не позволяет решить задачу в целом. Стабилизация достигается за счет увеличения потребляемого насосом тока, уменьшения его габаритной мощности и КПД.

Поскольку частота и амплитуда пульсаций параметров насоса зависит от его конструктивных параметров, режима работы, то вполне естественно, что и угол сдвига $\beta = 120^\circ$, предложенный для снижения пульсаций, не может быть оптимальным во всех случаях. Как показали проведенные в последнее время экспериментальные исследования можно снизить уровень пульсаций и стабилизировать расход - напорную характеристику при углах, отличных от $\pm 120^\circ$ с такими же и даже меньшими энергетическими затратами и повысить КПД насоса по сравнению с известным решением.

Целью изобретения является повышение эффективности путем устранения неустойчивой работы насоса при различных колебаниях давления и расхода.

Поставленная цель достигается тем, что фазные зоны обмотки возбуждения, принадлежащие каждой фазе, расположены на каждой последующей паре полюсных делений по всей длине насоса со сдвигом на угол $\beta = \frac{\pi}{m}$ п электрических градусов, где m - число фаз обмотки

возбуждения; $p = 1 - (2m - 1)$. Во втором варианте насоса фазные зоны обмотки возбуждения, принадлежащие каждой фазе, расположены у отдельных пар полюсных делений относительно предыдущей пары полюсных делений со сдвигом на угол $\beta = \frac{\pi}{m} \cdot p$ электрических градусов.

В третьем варианте насоса, содержащем обмотку возбуждения с числом пар полюсов P_n не менее двух, фазные зоны обмотки возбуждения, принадлежащие каждой фазе, расположены у отдельных пар полюсных делений относительно предыдущей пары полюсных делений со сдвигом на угол $\beta = \frac{\pi}{m \cdot q} \cdot \xi$ электрических градусов,

где q - число пазов на полюс и фазу; m - число фаз обмотки возбуждения; $\xi = 1 - (q - 1)$.

На фиг. 1 изображен продольный разрез насоса; на фиг. 2, 3, 4 - схемы обмотки возбуждения; на фиг. 5 и 6 - экспериментальные кривые, иллюстрирующие влияние угла сдвига на КПД и скорость.

На фиг. 1 изображен продольный разрез электромагнитного насоса, состоящего из прямого канала с внутренним магнитопроводом 1 и индуктора 2, в пазы которого уложена трехфазная обмотка возбуждения 3, выполненная из дисковых катушек. На фиг. 2 показана схема обмотки возбуждения с числом пар полюсов $P_n = 3$ и числом пазов на полюс и фазу $q = 2$, выполненная согласно первому варианту со сдвигом фазных зон обмотки на каждой последующей паре полюсных делений 2β относительно предыдущей пары полюсных делений на угол $\beta = \frac{\pi}{m} \cdot p = \frac{180}{3} \cdot 5 = 300^\circ$.

На фиг. 3 показана схема обмотки 3 с числом пар полюсных делений $P_n = 3$ и числом пазов на полюс и фазу $q = 2$, выполненная по второму варианту со сдвигом фазных зон обмотки возбуждения на последней, в данном случае, паре полюсных делений на угол $\beta = \frac{\pi}{m} \cdot p = \frac{180}{3} \cdot 2 = 120^\circ$.

На фиг. 4 показана схема обмотки 3, выполненной по третьему варианту со сдвигом фазных зон у обмотки на последней паре полюсов на угол $\beta =$

$= \frac{\pi}{m \cdot q} \cdot \xi = \frac{180}{3 \cdot 2} \cdot 1 = 30^\circ$ и волны линейной токовой нагрузки.

При включении напряжения на обмотку насоса на каждой паре полюсных делений создаются волны линейной токовой нагрузки 4, которые за счет смещения фазных зон обмотки также сдвинуты одна относительно другой на той же угол. Разрывы в линейной токовой нагрузке обмотки индуктора (см. фиг. 2, 3, 4), образующиеся при сдвиге фазных зон, приводят к появлению в движущейся электропроводящей среде дополнительных электромагнитных полей, имеющих характер бегущих от границ раздела волн со спадающей амплитудой. Взаимодействие их с первичным магнитным полем (полем обмотки возбуждения) создает дополнительные к основным электромагнитные усилия в электропроводящей среде. Как показывает эксперимент, эти усилия выравнивают профиль скорости по азимуту и уменьшают колебания расхода и давления. Достигается это, как правило, за счет дополнительных энергетических затрат, обусловленных дополнительными джоулевыми потерями мощности в электропроводящей среде. При отдельных сочетаниях характерных параметров возможно и уменьшение потребляемой мощности (повышение КПД) в сравнении с классической схемой.

Исследования проведены на индукционном линейном цилиндрическом насосе, имеющем следующие значения характерных параметров: $R_m = 4,7$; $m = 3$; $q = 2$; число пар полюсов $P_n = 3$. Согласно первого и второго вариантов изобретения $\beta_{\min} = 60^\circ$, $\beta_{\max} = 300^\circ$; согласно третьего варианта $\beta_{\min} = 30^\circ$. При выполнении обмотки с указанными углами сдвига фазных зон во всех случаях наблюдалось уменьшение в той или иной степени колебаний давления и расхода насоса и расширение зоны его устойчивой работы.

Как установлено в работе источником колебаний параметров является возникновение неоднородного по азимуту профиля скорости течения жидкости в канале насоса при $R_m S > 1$ и образование вихревых течений при выходе этого профиля из насоса. Отсюда степень ослабления колебаний зависит от степени выравнивания профиля скорости. На фиг. 5 представлено экспери-

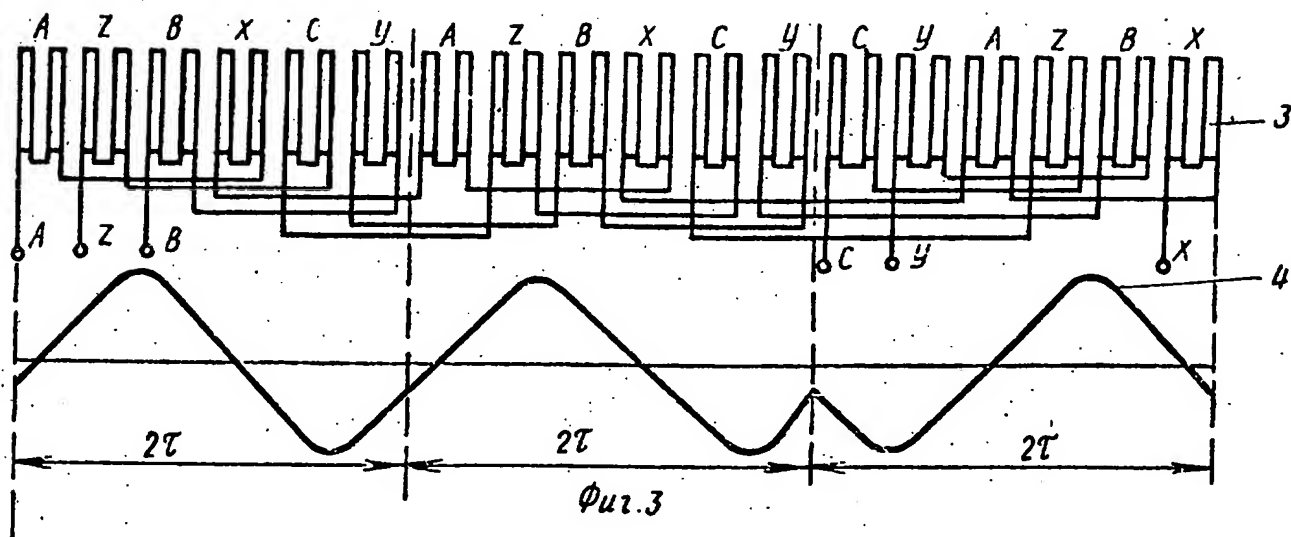
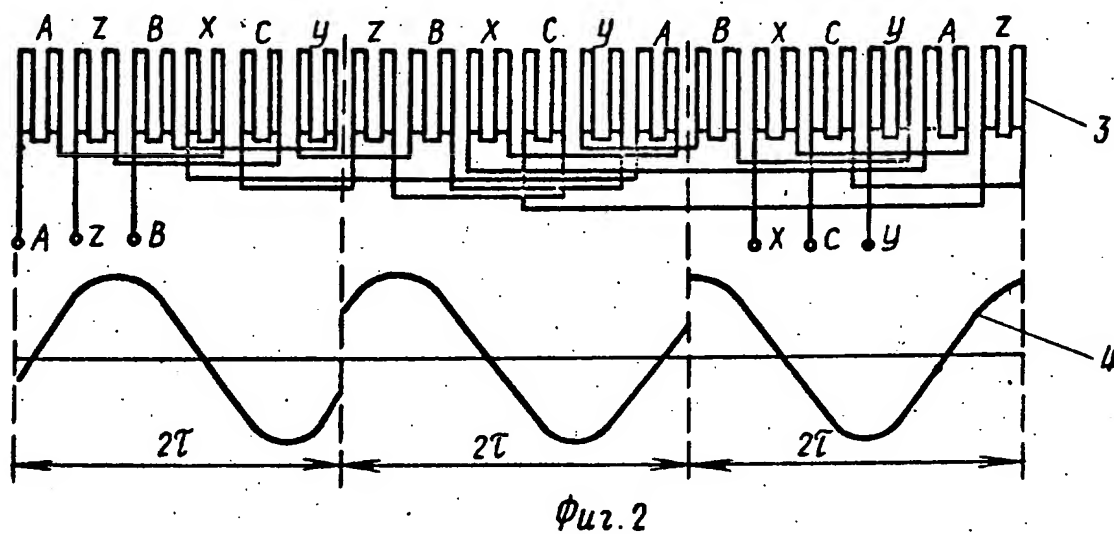
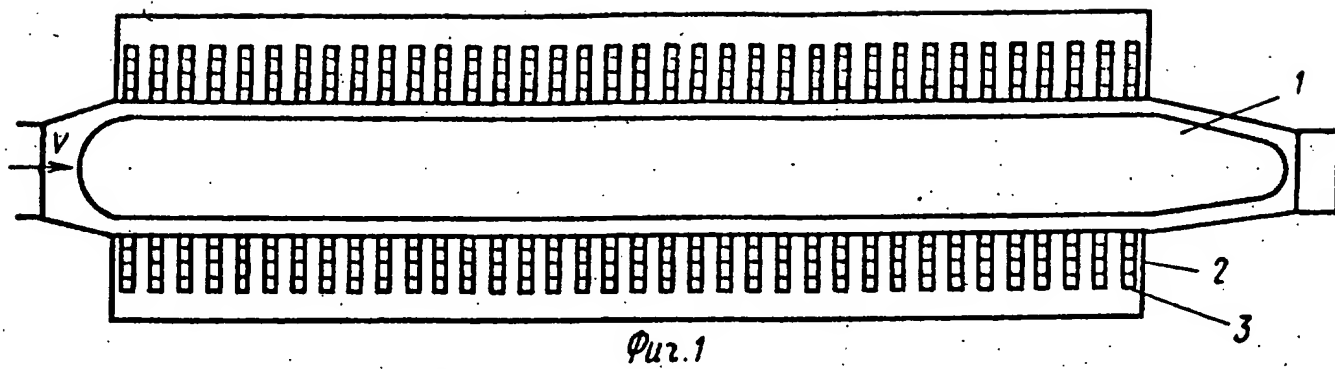
ментально полученное распределение осевой составляющей скорости (V) по азимуту цилиндрического канала на его выходе из различных углов сдвига фазных зон. Профили соответствуют скольжению $S = 0,525$, по оси абсцисс отложены номера датчиков, расположенных по окружности канала. Чем меньше угол сдвига фазных зон, тем меньше выравнивается профиль скорости, слабее подавляются колебания расхода и давления.

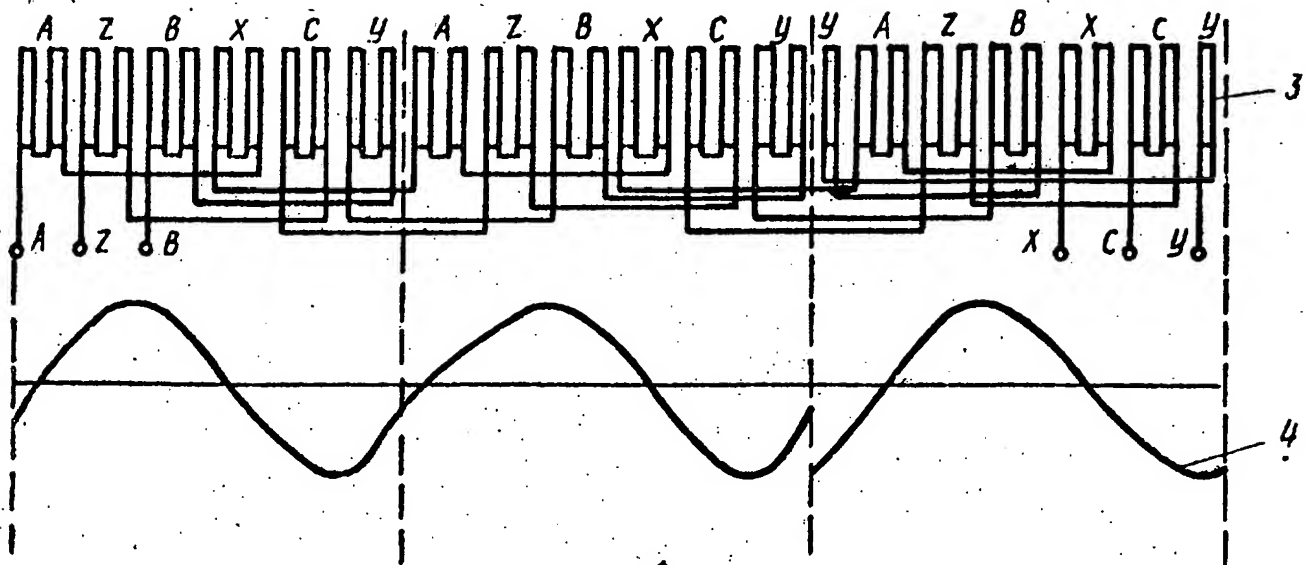
Положительный эффект достигается, как показывают эксперименты, во всем вышеуказанном диапазоне изменения угла β . Выбор конкретного угла сдвига фазных зон по известным методикам расчета индукционных насосов не представляется возможным. Чтобы определить расчетно-теоретическим путем оптимальный в каждом конкретном случае угол β , необходимо решить двумерную магнитогидродинамическую задачу о турбулентном движении проводящей среды в бегущем магнитном поле. Такого решения в настоящее время нет.

Результаты экспериментальных исследований позволяют дать следующие рекомендации по выбору оптимальных углов сдвига фазных зон. Чем больше значения угла сдвига β , тем сильнее подавляются колебания расхода и давления. С другой стороны, чем больше β , тем больше затраты мощности и меньше КПД насоса (см. фиг. 6). На фиг. 6: η - КПД насоса; Q - расход жидкого металла; S - скольжение.

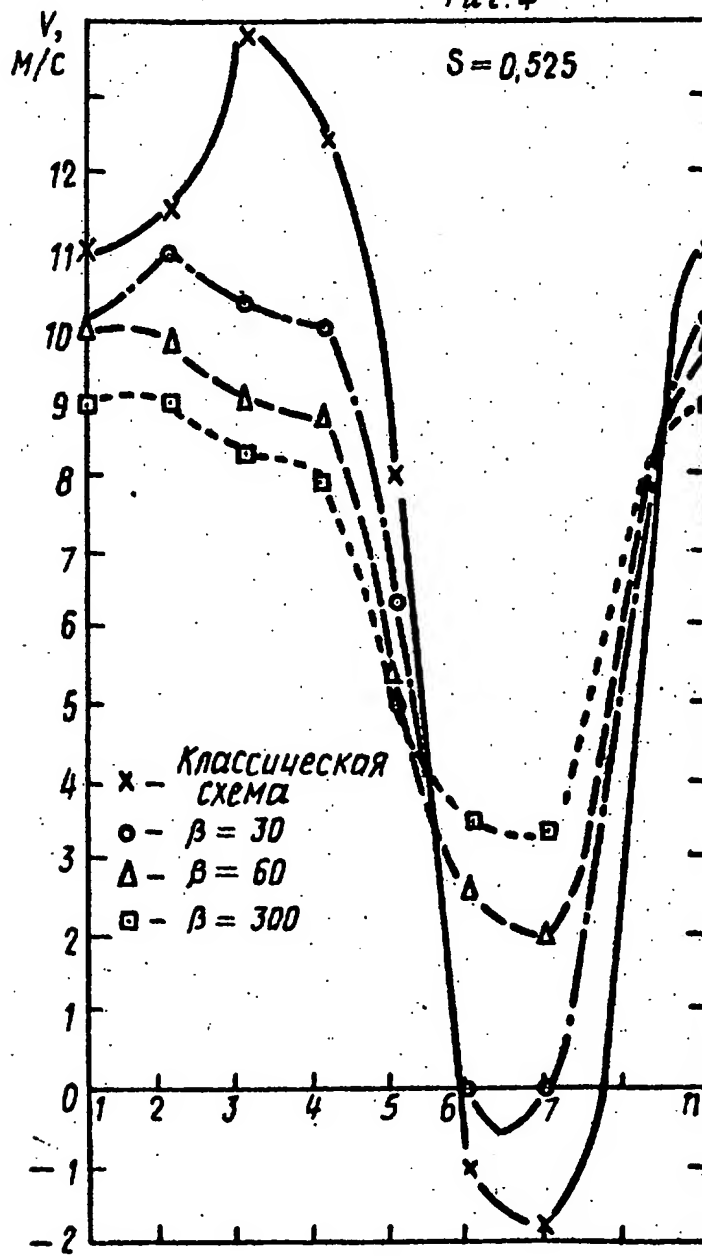
Экспериментальные исследования, проведенные на ряде насосов, показывают, что выбор оптимального угла сдвига и количества пар полюсов P_n на которых следует производить фазовые сдвиги, зависит от конструктив-

ного исполнения машины: ее длины, степени несимметрии магнитного зазора по длине и по периметру, условий входа и выхода. Для машин с несимметричным входом канала и резко выраженными колебаниями параметров необходимо брать большие углы и фазовые сдвиги делать на каждой паре полюсных делений, начиная с второй от входа. Для машин с умеренными колебаниями вполне достаточно ввести сдвиг на отдельных парах полюсных делений по длине машины. Для машин со слабыми колебаниями достаточно вести малый фазовый сдвиг по всей длине машины или на отдельных парах полюсных делений. Поскольку найти один оптимальный угол сдвига, позволяющий бы решить всю задачу в целом для каждого насоса, не представляется возможным, для достижения поставленной цели в зависимости от уровня колебаний, определяемого конструктивными особенностями насоса и режима работы, используется один из предлагаемых вариантов. Использование предлагаемых вариантов позволит расширить область устойчивой работы электромагнитных насосов. Опыт проектирования электромагнитных насосов показывает, что они, как правило, имеют максимальный КПД при минимальном весе активных материалов на единицу мощности в области значений $R_{ms} > 1$, где насосы работают неустойчиво. Использование предлагаемых решений позволяет устранить неустойчивость работы насосов в области $R_{ms} > 1$, выбрать оптимальные геометрические размеры канала и индуктора и за счет этого повысить на 3 - 5% КПД насосов и снизить вес активных материалов на 15-20%.

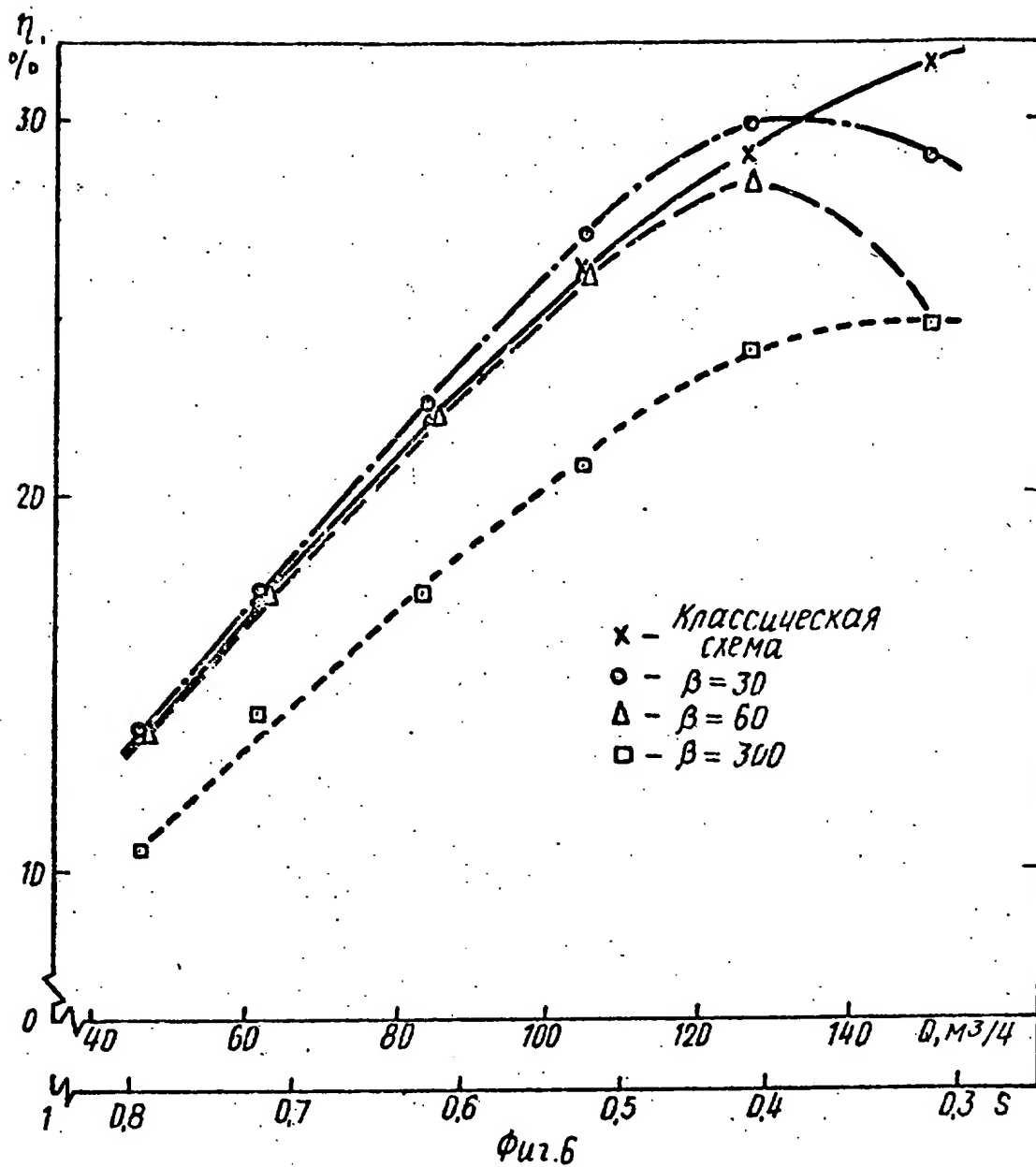




Фиг. 4



Фиг. 5



Редактор О. Филиппова Техред А. Кравчук Корректор И. Эрдейи

Заказ 3436

Тираж 319

Подписное

ВНИИПИ Государственного комитета по изобретениям и открытиям при ГКНТ СССР
113035, Москва, Ж-35, Раушская наб., д. 4/5

Производственно-издательский комбинат "Патент", г. Ужгород, ул. Гагарина, 101

DERWENT-ACC-NO: 1992-148388

DERWENT-WEEK: 199218

COPYRIGHT 2007 DERWENT INFORMATION LTD

TITLE: Electromagnetic induction pump - has phase zones
of
excitation winding positioned on each succeeding pair
of
pole divisions

INVENTOR: KIRILLOV, I R; KOCHEMAZOV, S M ; OGORODNIKO,
A P

PATENT-ASSIGNEE: KIRILLOV I R[KIRII]

PRIORITY-DATA: 1981SU-3338970 (July 7, 1981)

PATENT-FAMILY:

PUB-NO	PUB-DATE	LANGUAGE	PAGES
MAIN-IPC			
SU 1151175 A	August 7, 1991	N/A	007 N/A

APPLICATION-DATA:

PUB-NO	APPL-DESCRIPTOR	APPL-NO
APPL-DATE		
SU 1151175A	N/A	1981SU-3338970
1981		July 7,

INT-CL (IPC): H02K044/06

ABSTRACTED-PUB-NO: SU 1151175A

BASIC-ABSTRACT:

The electromagnetic pump (in its first possible arrangement) includes a straight-through flow channel with inner magnetic circuit (1) and an inductor (2) in the slots of which are laid the three-phase excitation winding (3) based on disc-form coils. When voltage is switched into the pump winding, waves of linear current load (4) are set upon each pair of pole divisions, and on account of the staggered phase zones of the winding, these waves are mutually displaced by the same angle relative to one another. Additional electromagnetic fields are set up in the moving electrically conducting medium, as a result of disruptions in the linear current load, of the inductor winding. In order to provide more effective operation by eliminating unstable operation of the pump during sharp fluctuations in pressure and flow rate (consumption), the phase zones of the excitation winding are positioned on each succeeding pair of pole divisions along the length of the pump with a shift of an angle $\beta = \pi / m \cdot n$ electrical deg.; where m is the number of excitation winding phases and $n = 1 / (2m - 1)$. Other variations are possible.

USE - Magnetohydrodynamic (MHD) engineering, i.e. linear induction electromagnetic pumps. Bul. 29/7.8.91

CHOSEN-DRAWING: Dwg.1,2/6

TITLE-TERMS: ELECTROMAGNET INDUCTION PUMP PHASE
ZONE EXCITATION WIND POSITION
SUCCEEDING PAIR POLE DIVIDE

ADDL-INDEXING-TERMS:

MHD

DERWENT-CLASS: X11

EPI-CODES: X11-H03B;

SECONDARY-ACC-NO:

Non-CPI Secondary Accession Numbers: N1992-110803